

XVI Reunión de Usuarios de SIMULIA

Calibración de Modelos Constitutivos de Hormigón

Javier Rodríguez, Joaquín Martí y Francisco Martínez

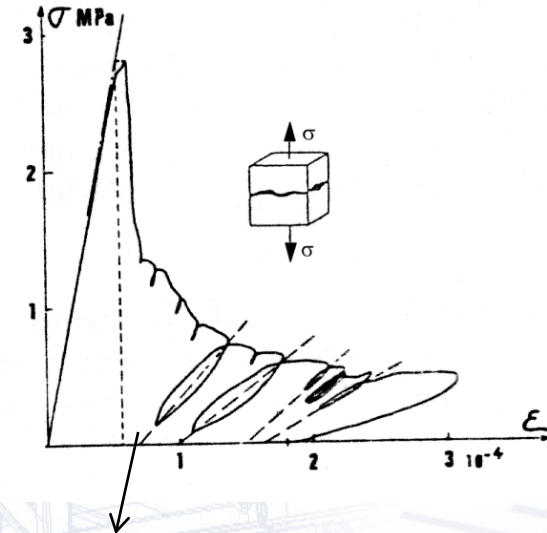
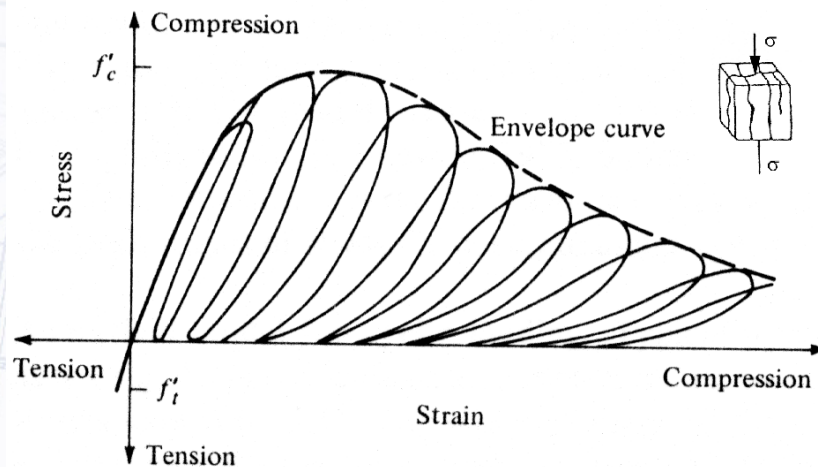
Índice

1. Introducción
2. Modelo de plasticidad y daño
3. Aplicaciones
4. Conclusiones

1. Introducción

Comportamiento del hormigón

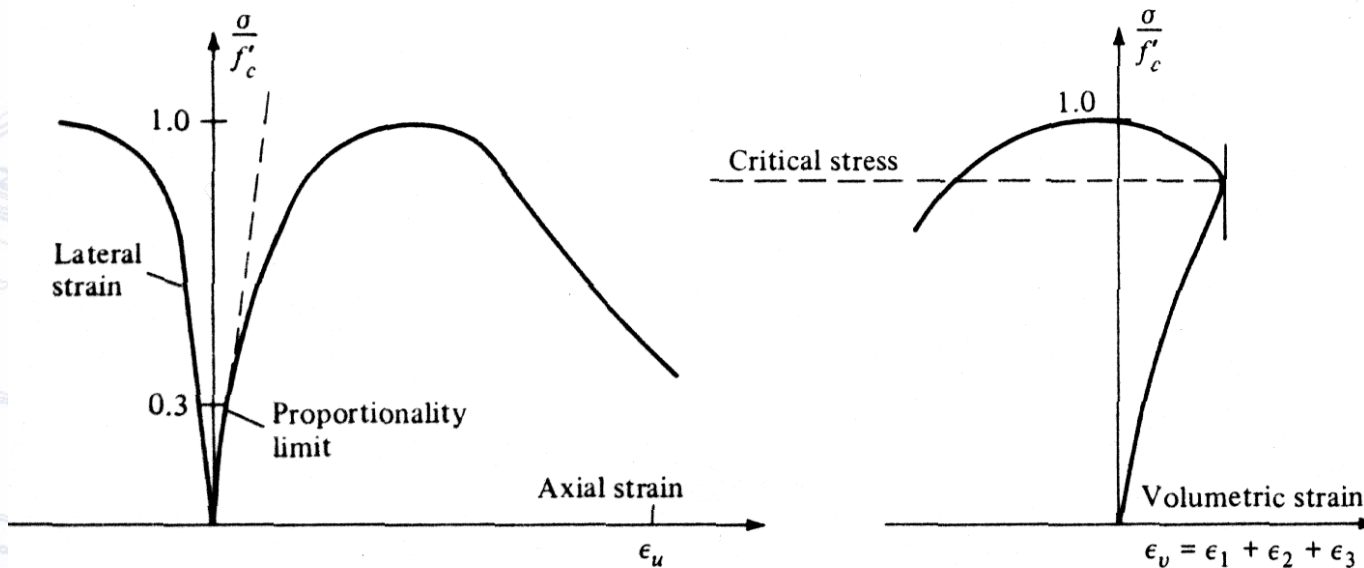
■ Compresión y tracción uniaxial



1. Introducción

Comportamiento del hormigón (cont.)

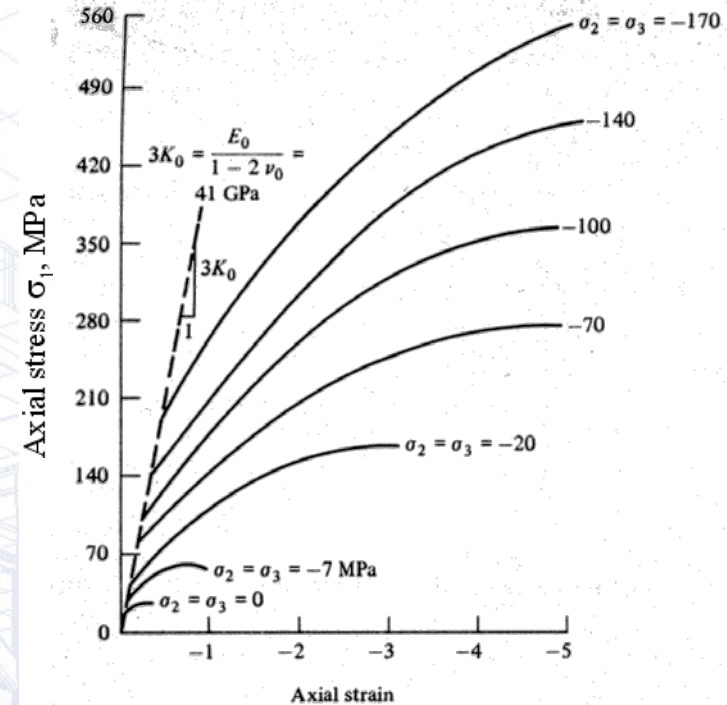
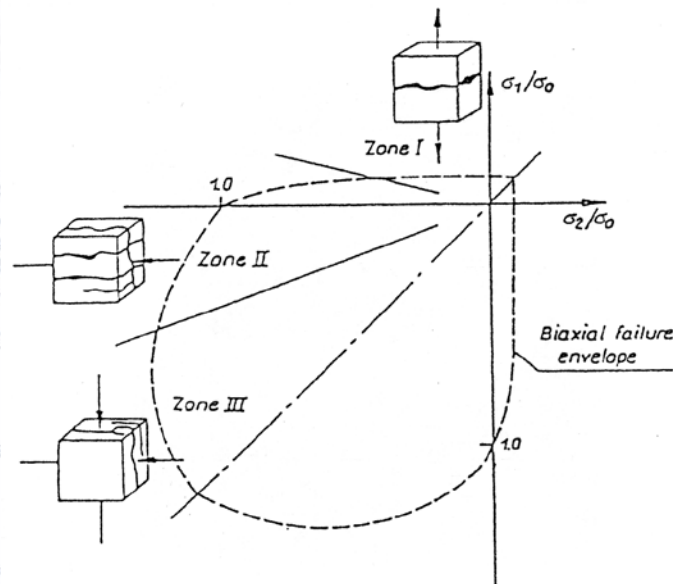
■ Dilatancia



1. Introducción

Comportamiento del hormigón (cont.)

■ Carga multiaxial



1. Introducción

Modelos de hormigón en Abaqus

- Abaqus utiliza una descripción continua de la respuesta del hormigón en vez de modelar fisuras individuales.
- Modelos constitutivos:
 - Fisuración distribuida (*smeared cracking*, Abaqus/Standard)
 - Fisuración frágil (*brittle cracking*, Abaqus/Explicit)
 - Plasticidad y daño (*concrete damaged plasticity*)
 - Sup. cerrada de Drucker-Prager (altos confinamientos)

2. Modelo de plasticidad y daño

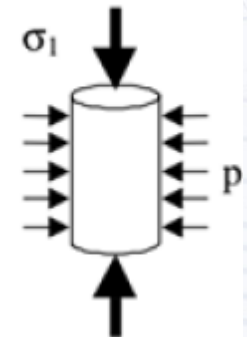
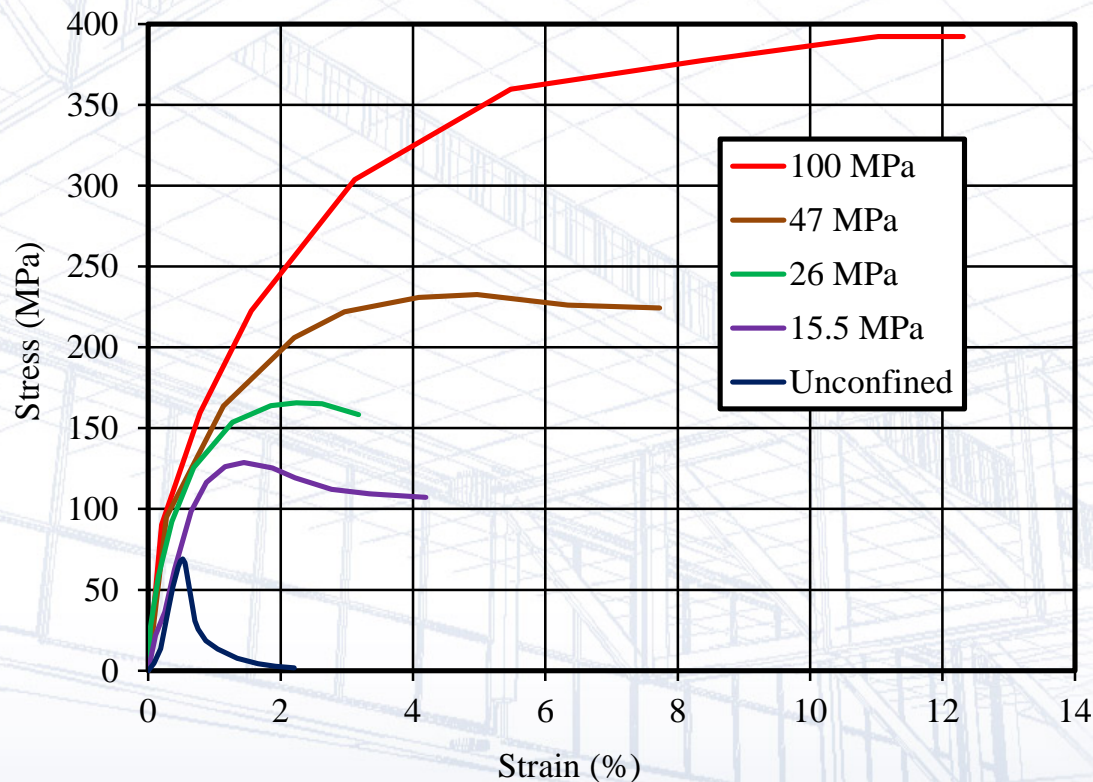
Características generales

- Pretende proporcionar comportamientos generales para el análisis de estructuras de hormigón bajo cargas monótonas, cíclicas y/o dinámicas.
- Se basa en una superficie de fluencia y una variable de daño que tienen en cuenta la compresión y la tracción, incluyendo las sollicitaciones cíclicas.

2. Modelo de plasticidad y daño

Calibración de parámetros

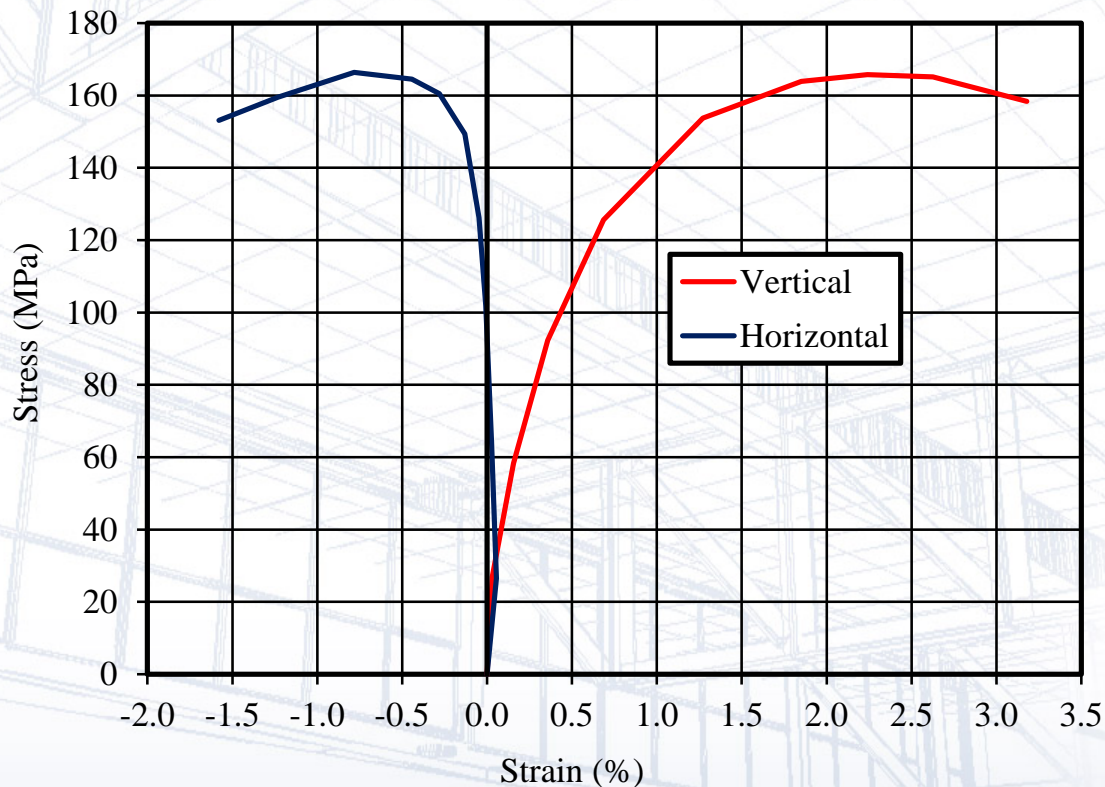
■ Ensayos triaxiales



2. Modelo de plasticidad y daño

Calibración de parámetros (cont.)

■ Ensayos triaxiales (cont.)



2. Modelo de plasticidad y daño

Calibración de parámetros (cont.)

- Potencial del flujo plástico (hormigón no dañado):

$$G = q - p \tan \psi$$

donde: q es la tensión de von Mises,
 p es la presión (invariante)
 ψ es el ángulo de dilatación

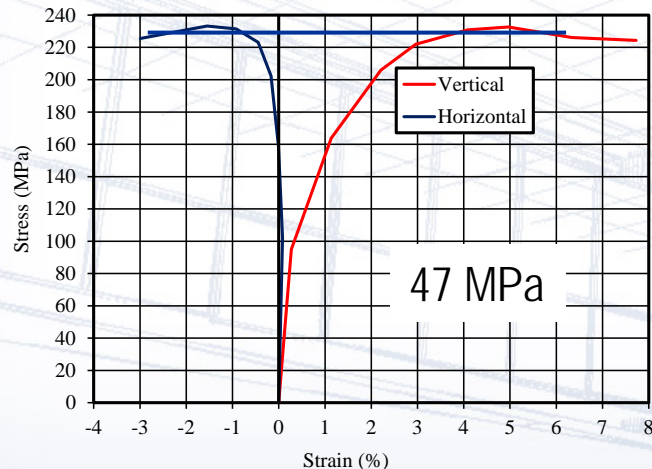
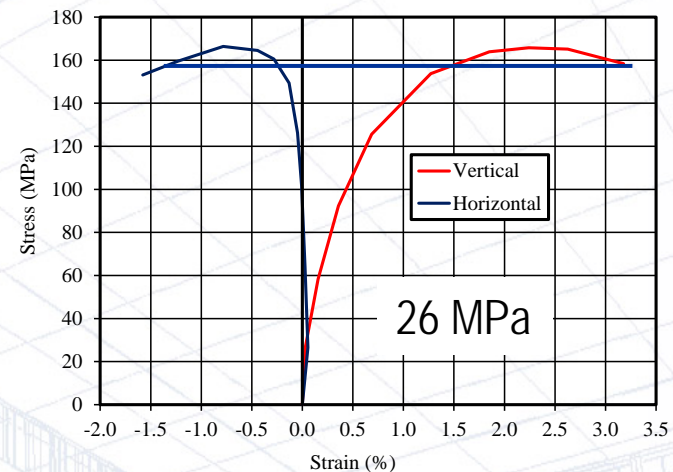
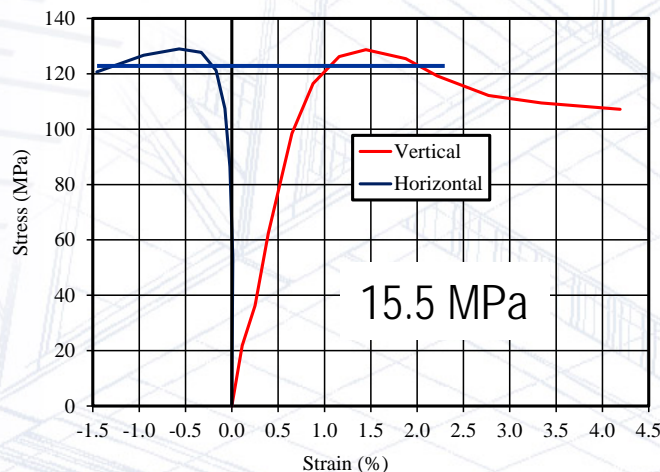
- Para ensayos triaxiales:

$$\tan \Psi = \frac{3}{2} (2\nu_p - 1) / (1 + \nu_p)$$

donde ν_p es el coef. de Poisson aparente de fluencia.

2. Modelo de plasticidad y daño

Calibración de parámetros (cont.)

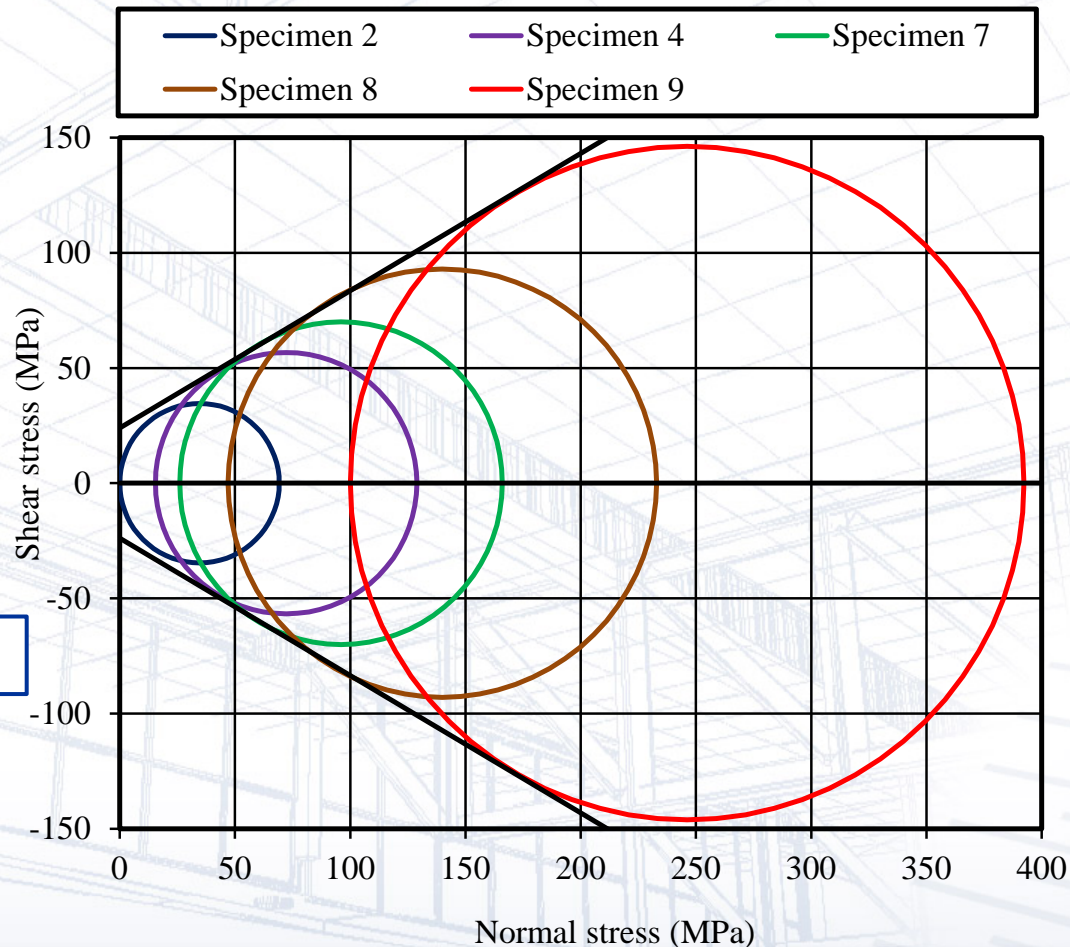


Ángulo de dilatación
representativo ψ : 30°

2. Modelo de plasticidad y daño

Calibración de parámetros (cont.)

■ Resistencia



Ángulo de rozamiento ϕ : 30.8°

2. Modelo de plasticidad y daño

Calibración de parámetros (cont.)

- Condición de plasticidad (sup. de fluencia):

$$F = q - 3\alpha p + \gamma \sigma_{\max}$$

donde la relación entre la compresión biaxial y uniaxial es

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_c} = \frac{1 - \alpha}{1 - 2\alpha}$$

$$\text{y } \gamma = \frac{3(1 - K_c)}{2K_c - 1}$$

Un valor típico de K_c es 0,75.

2. Modelo de plasticidad y daño

Calibración de parámetros (cont.)

- El parámetro α está relacionado con el ángulo de rozamiento φ :

$$\alpha = \frac{3K_c + K_c \sin \varphi + \sin \varphi - 3}{6K_c + \sin \varphi - 2K_c \sin \varphi - 3}$$

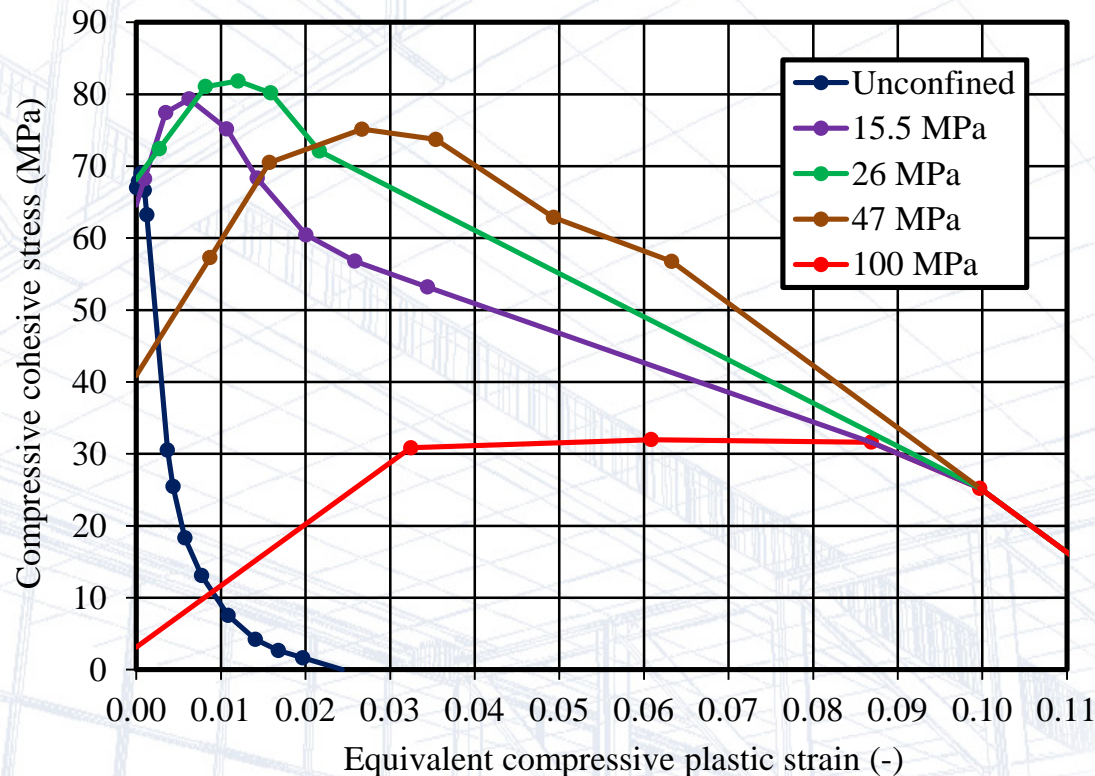
En nuestro caso $\alpha = 0.117$ implicando $\sigma_b/\sigma_c = 1.15$

- Por otra parte, si la **cohesión efectiva** no se ignora:

$$F = q - 3\alpha p + \gamma\sigma_{\max} + \sigma_c(\varepsilon_p)$$


2. Modelo de plasticidad y daño

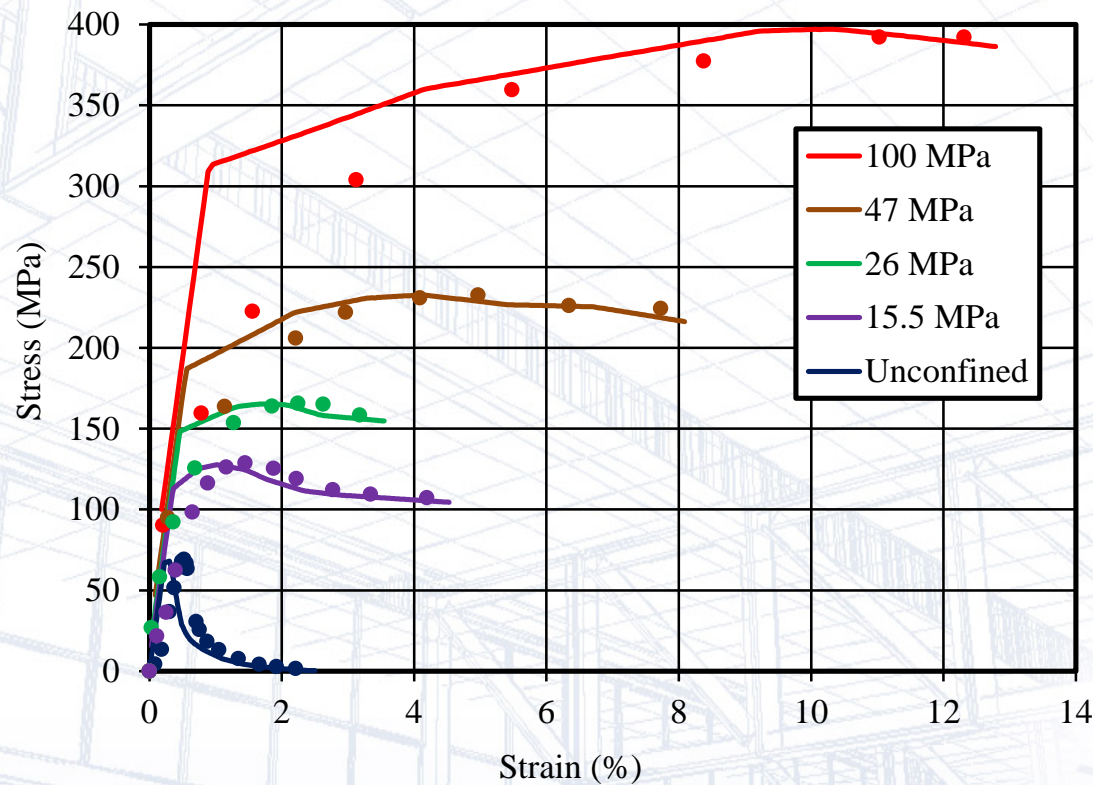
Calibración de parámetros (cont.)



La cohesión efectiva se define en función no solo de la def. plást. eq., sino también de la tensión principal máx. a través de una (V)USDFLD.

2. Modelo de plasticidad y daño

Calibración de parámetros (cont.)



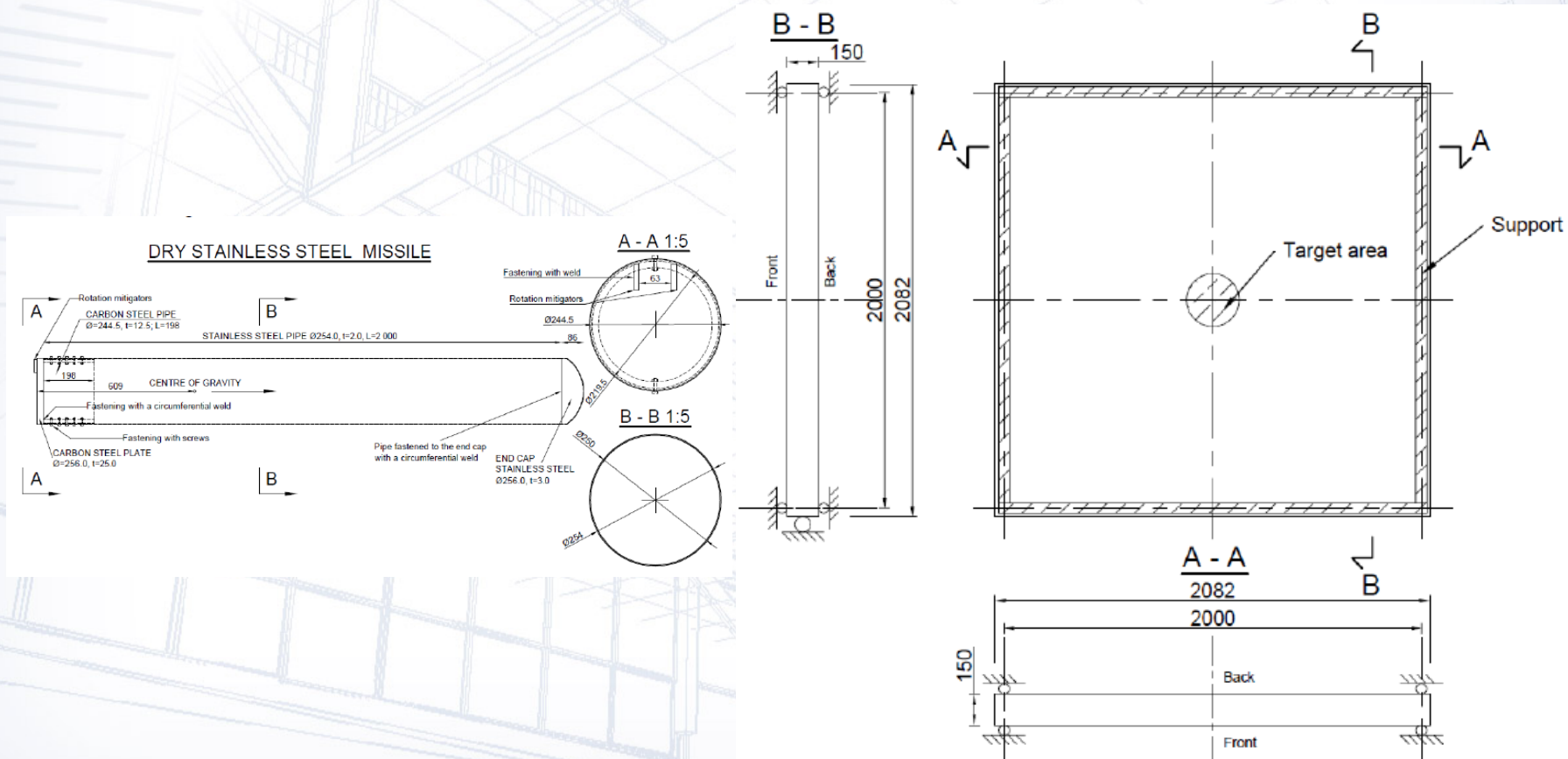
2. Modelo de plasticidad y daño

Calibración de parámetros (cont.)

- El modelo de plasticidad y daño de Abaqus no permite especificar directamente un criterio de eliminación de elementos (por ejemplo para problemas de erosión).
- No obstante, se puede definir un criterio de eliminación en Abaqus/Explicit a través de una variable de estado (definida en *DEPVAR) que se actualice en VUSDFLD.

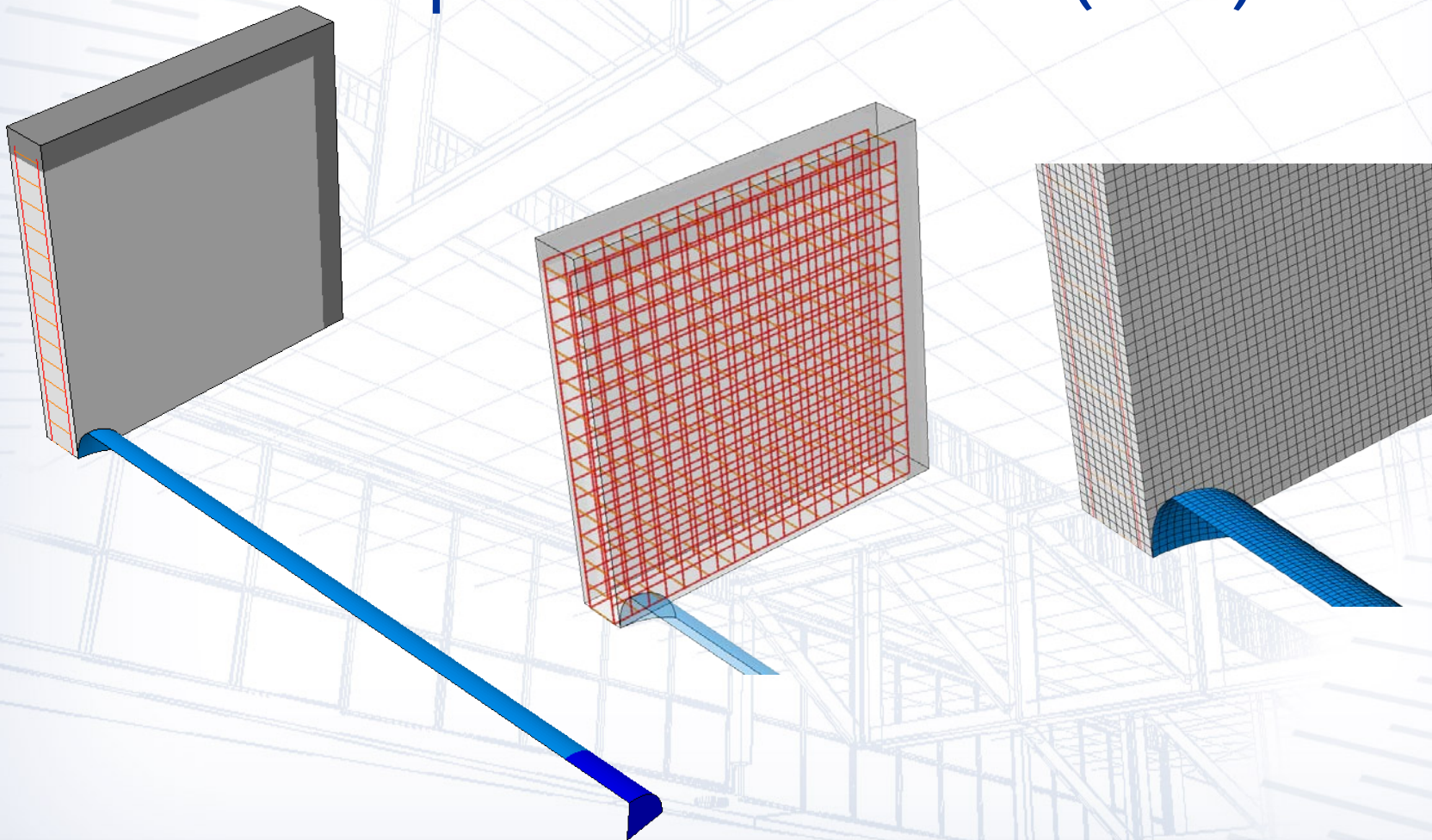
3. Aplicaciones

Impacto de misil flexible



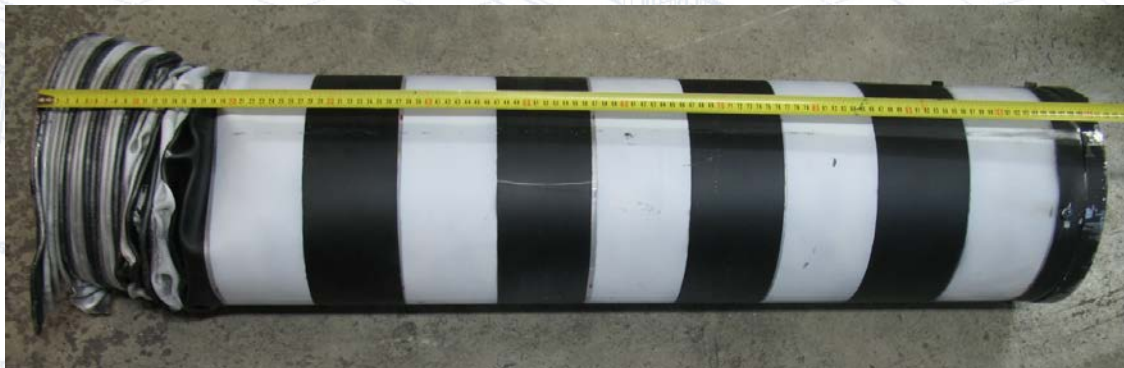
3. Aplicaciones

Impacto de misil flexible (cont.)



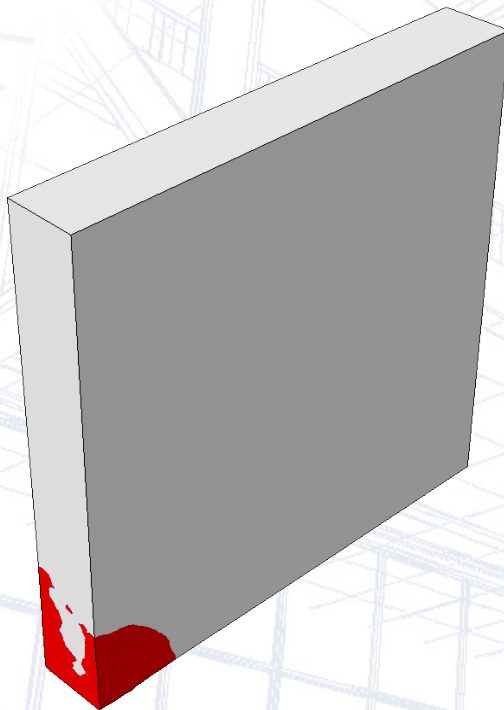
3. Aplicaciones

Impacto de misil flexible (cont.)

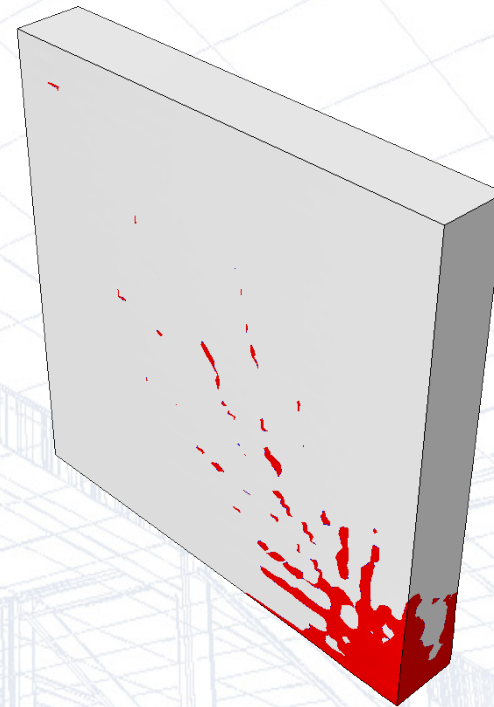


3. Aplicaciones

Impacto de misil flexible (cont.)



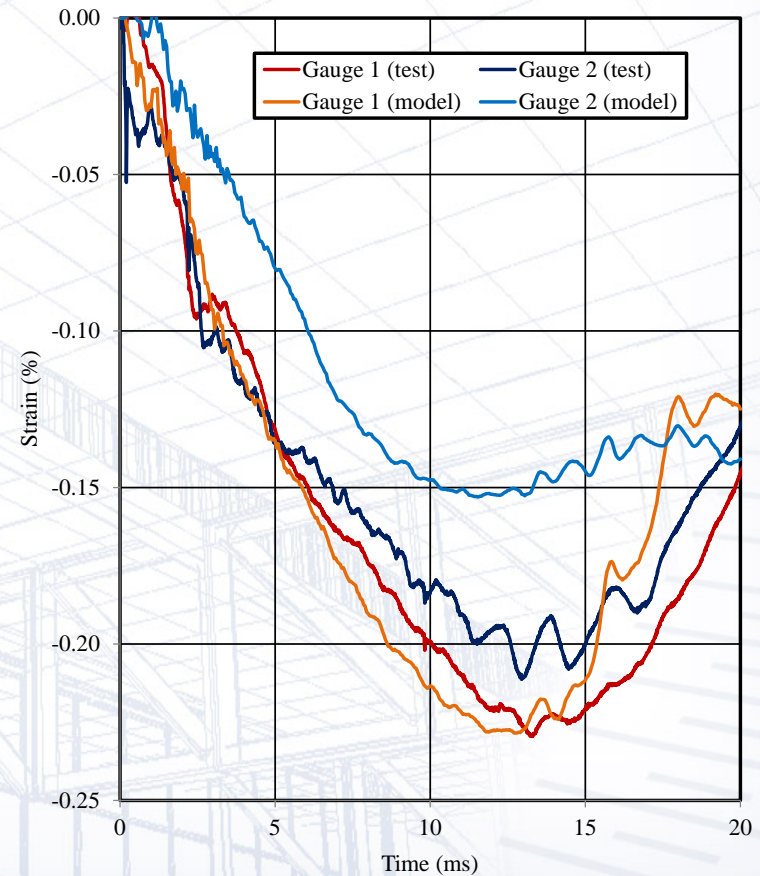
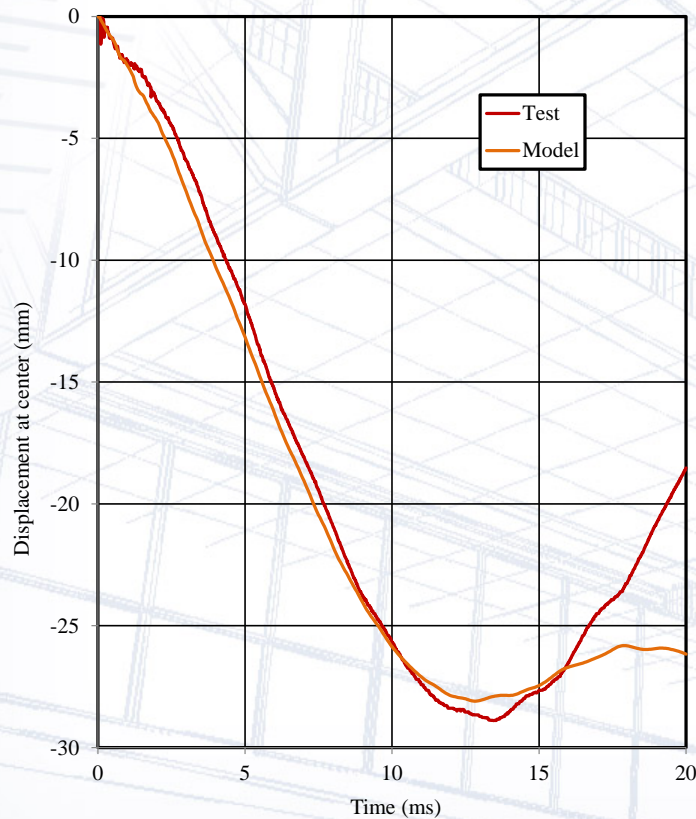
Vista frontal



Vista posterior

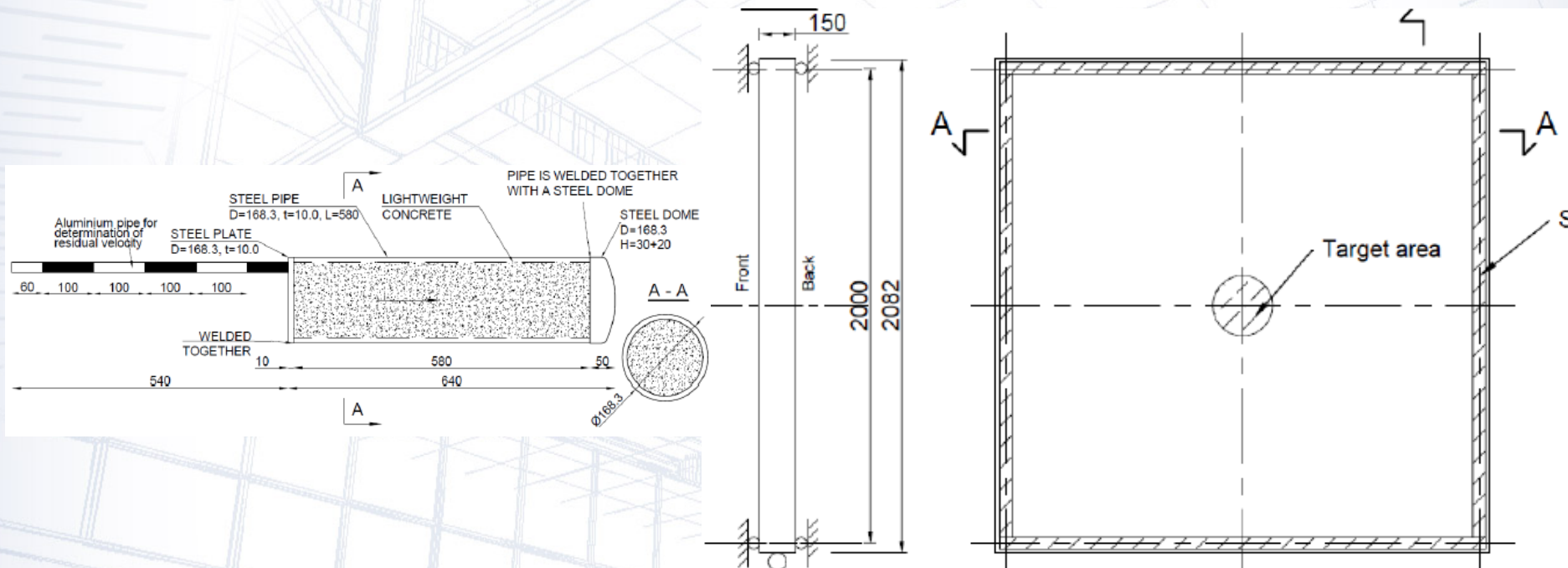
3. Aplicaciones

Impacto de misil flexible (cont.)



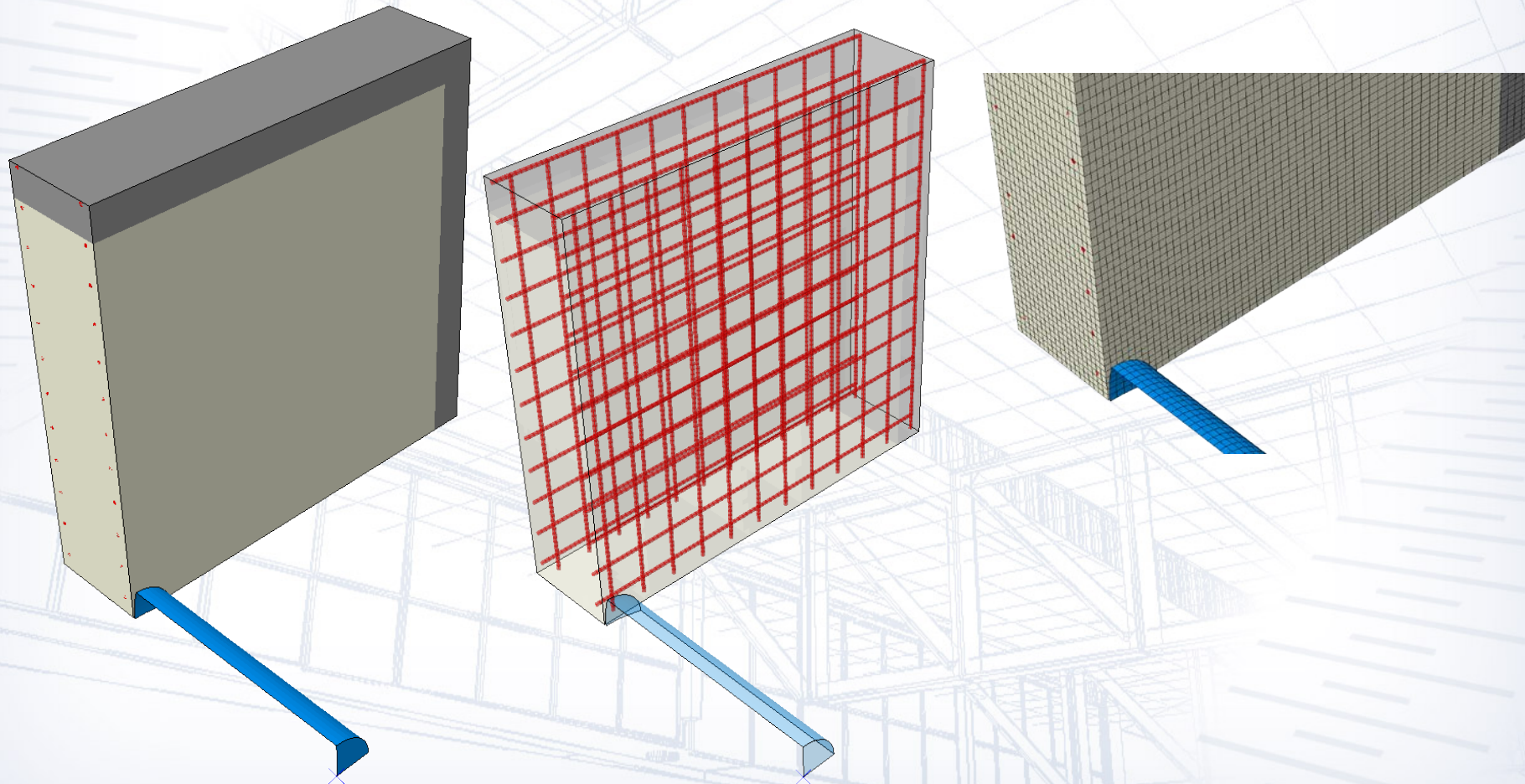
3. Aplicaciones

Impacto de misil rígido



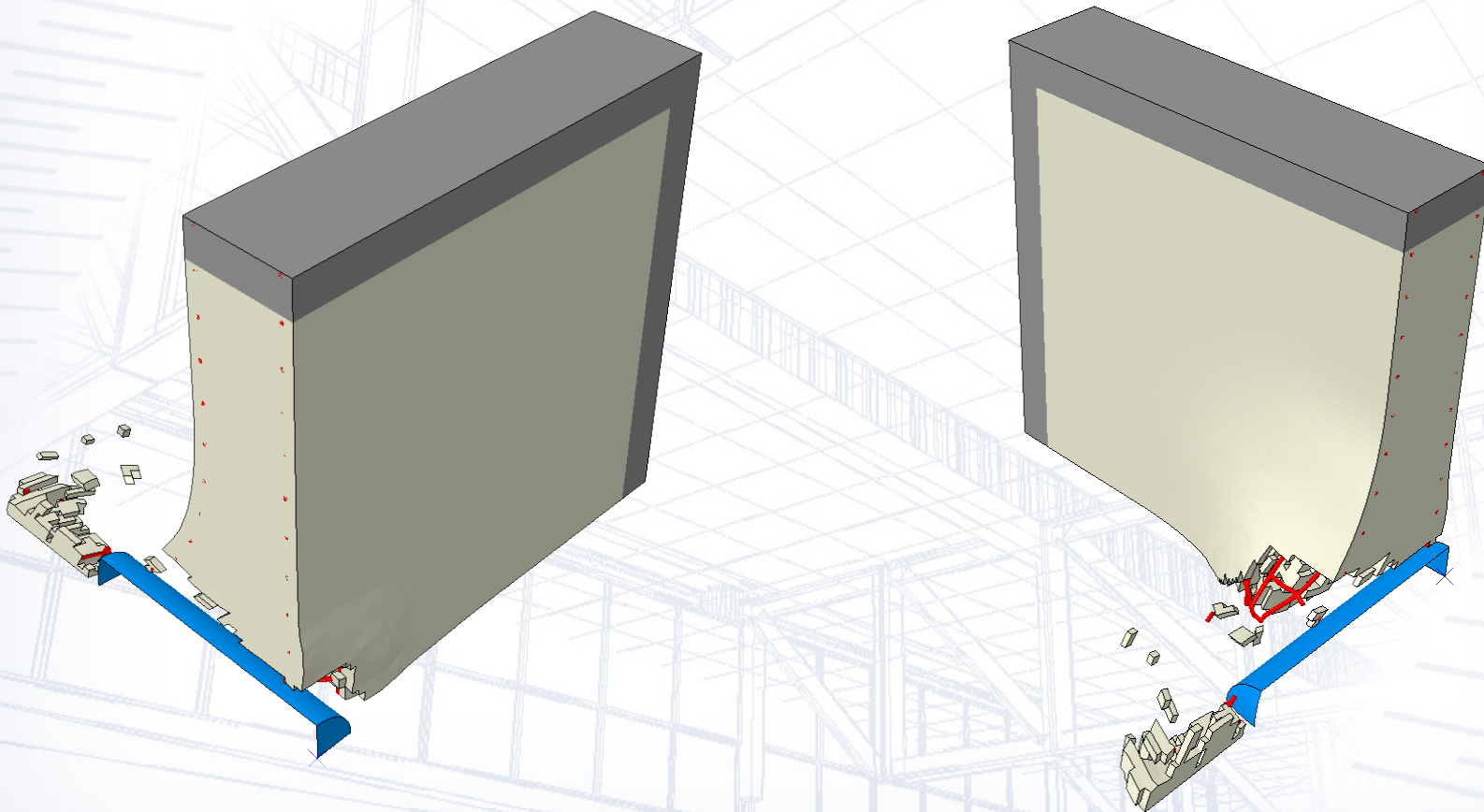
3. Aplicaciones

Impacto de misil rígido (cont.)



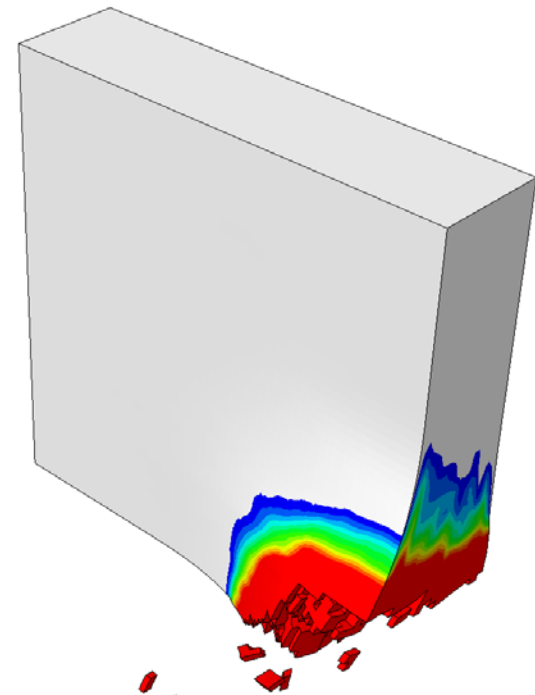
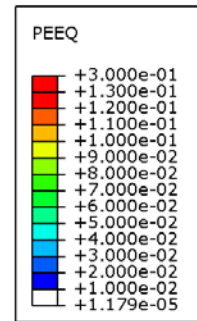
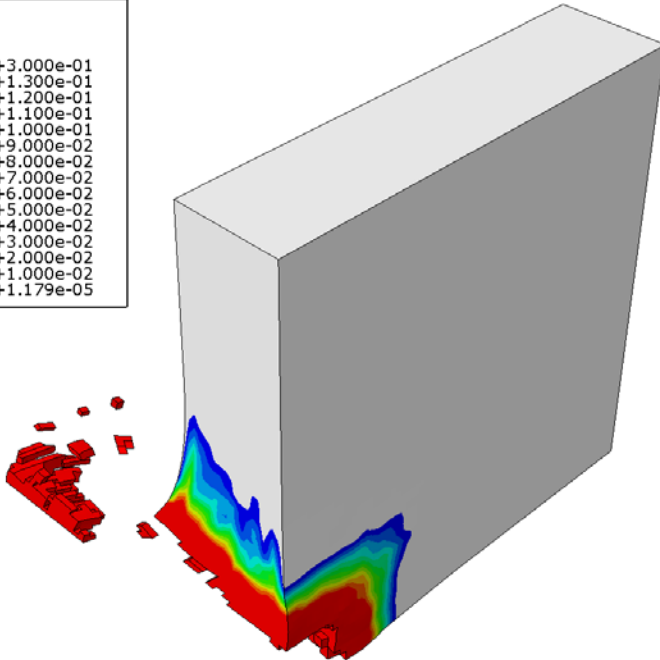
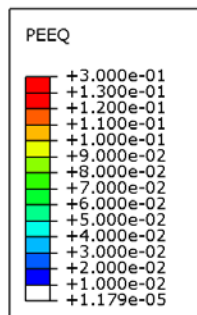
3. Aplicaciones

Impacto de misil rígido (cont.)



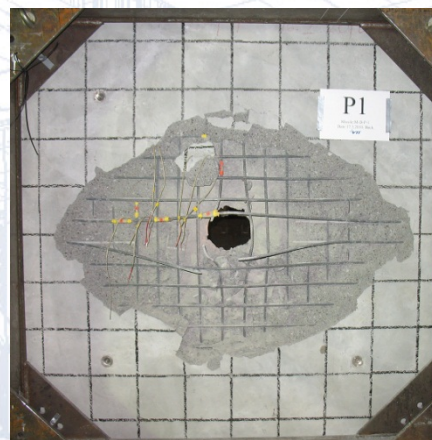
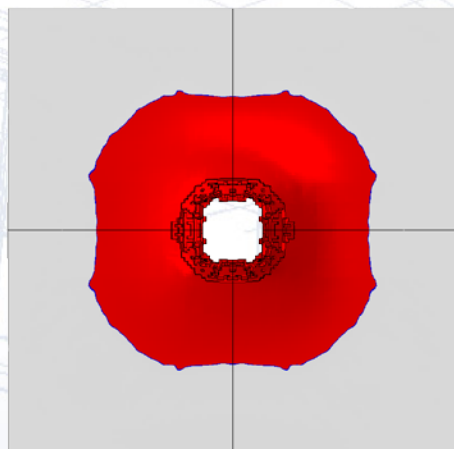
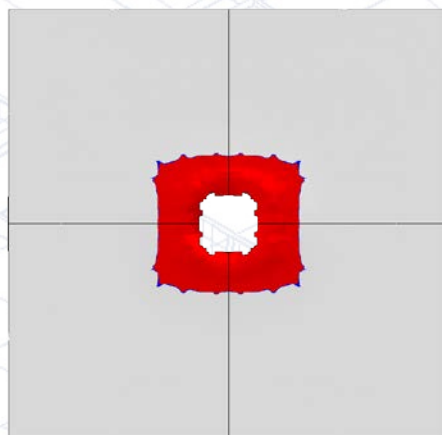
3. Aplicaciones

Impacto de misil rígido (cont.)



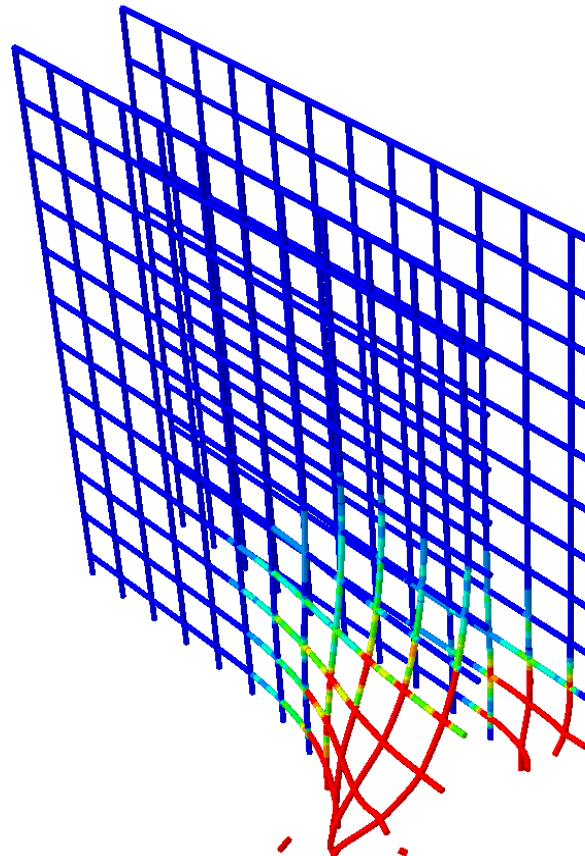
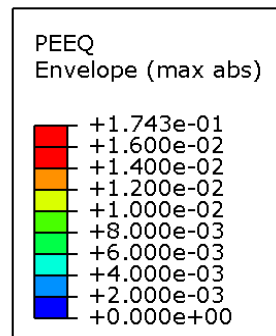
3. Aplicaciones

Impacto de misil rígido (cont.)



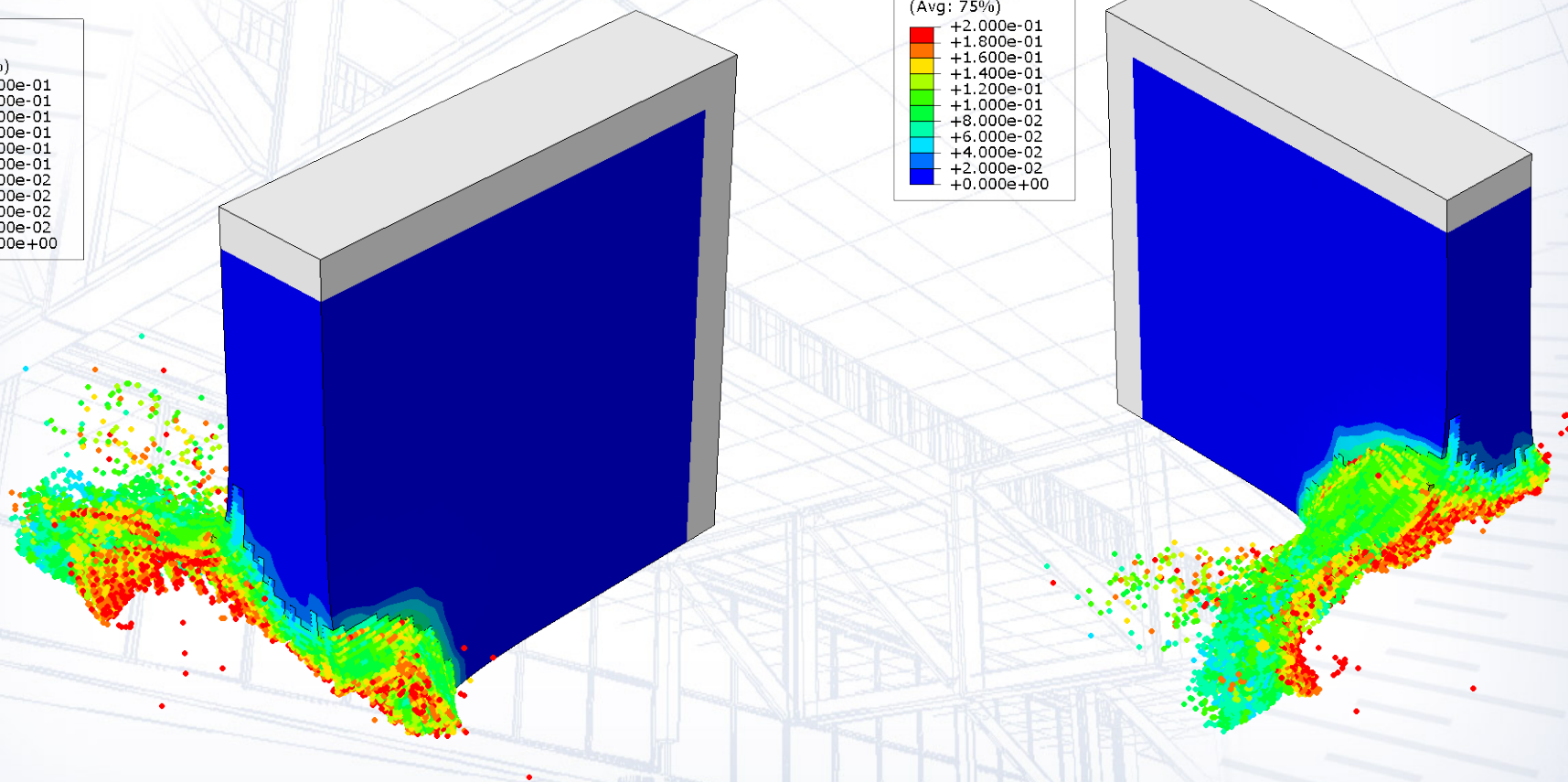
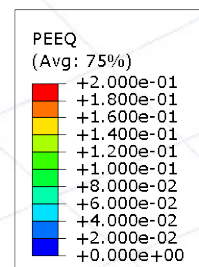
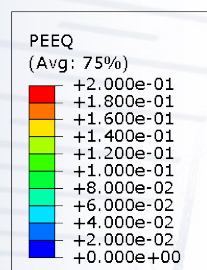
3. Aplicaciones

Impacto de misil rígido (cont.)



3. Aplicaciones

Impacto de misil rígido (cont.)



4. Conclusiones

- El modelo de hormigón de Abaqus proporciona comportamientos habitualmente suficientes, especialmente para acciones monótonas.
- Se pueden introducir modificaciones a través de subrutinas, p. ej. para capturar mejor la plasticidad en condiciones triaxiales y eliminar elementos.
- Técnicas especiales como la conversión a partículas SPH se pueden utilizar para aliviar problemas de erosión en elementos sólidos tradicionales.